

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-176431
(P2001-176431A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号
H 0 1 J 31/12
C 0 1 B 31/02 1 0 1
C 2 3 C 16/26
H 0 1 J 9/02
29/04

F I テーマコード* (参考)
H 0 1 J 31/12 C
C 0 1 B 31/02 1 0 1 F
C 2 3 C 16/26
H 0 1 J 9/02 B
29/04

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-321075 (P2000-321075)

(22) 出願日 平成12年10月20日 (2000.10.20)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 9 P 4 9 0 2 0

(32) 優先日 平成11年11月5日 (1999.11.5)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(31) 優先権主張番号 2 0 0 0 - 2 9 5 8 1

(32) 優先日 平成12年5月31日 (2000.5.31)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 500273931

李 鉄真

大韓民国全羅北道群山市羅雲2洞現代3次
アパート304棟1004号

(71) 出願人 500184372

株式会社日進ナノテック

大韓民国ソウル特別市麻浦区桃花洞50-1
番地

(72) 発明者 李 鉄真

大韓民国全羅北道群山市羅雲2洞現代3次
アパート304棟1004号

(74) 代理人 100093779

弁理士 服部 雅紀

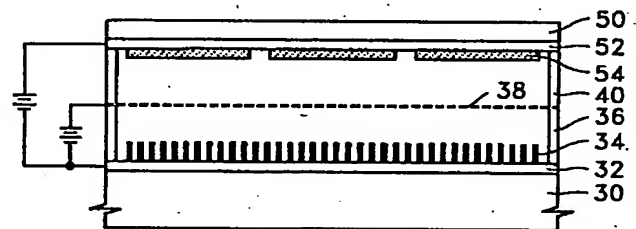
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電界放出表示素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 垂直配向された炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子を提供する。

【解決手段】 下部基板30上にカソード電極用の第1金属膜32が形成され、炭素ナノチューブ34が形成されている。第1金属膜32上には第1スペーサ36が設けられ、第1スペーサ36に支持され炭素ナノチューブ34の上部にゲート電極として用いられるメッシュ状の第2金属膜38が形成されている。第1スペーサ36上には第2スペーサ40が設けられ、第2スペーサ40上には表面に透明電極及び蛍光体の付着された上部基板50が付着されている。そのため、構造が簡単であり、製造収率を高めることができ、かつ大面積の製造が可能である。また、エミッタ用チップとして垂直方向に配向された炭素ナノチューブ34を用いるため、低い動作電圧下でも大きい放出電流が得られる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部基板上に形成されたカソード電極用第1金属膜と、

前記第1金属膜上に垂直配向されたエミッタチップ用炭素ナノチューブと、

前記第1金属膜上に設けられた第1スペーサと、

前記第1スペーサに支持され、前記炭素ナノチューブの上部に形成されてゲート電極として用いられるメッシュ状の第2金属膜と、

前記第1スペーサ上に形成された第2スペーサと、

前記第2スペーサ上に設けられ、その表面に透明電極及び蛍光体が付着された上部基板と、
を備えることを特徴とする電界放出表示素子。

【請求項2】 前記下部基板はガラス、石英、シリコンまたはアルミナ基板であることを特徴とする請求項1に記載の電界放出表示素子。

【請求項3】 前記第1金属膜はクロム膜、チタニウム膜、タングステン膜またはアルミニウム膜であり、第2金属膜はクロム膜、チタニウム膜またはパラジウム膜であることを特徴とする請求項1に記載の電界放出表示素子。

【請求項4】 前記エミッタチップ用炭素ナノチューブは、前記第1金属膜上に触媒金属粒子を形成した後に化学気相蒸着法により触媒金属粒子上で形成されていることを特徴とする請求項1に記載の電界放出表示素子。

【請求項5】 下部基板上にカソード電極用第1金属膜を形成する段階と、

前記第1金属膜上に炭素ナノチューブを垂直配向させて成長させる段階と、

前記第1金属膜上に第1スペーサを設ける段階と、

前記第1スペーサに支持され、前記炭素ナノチューブの上部に形成されゲート電極として用いられるメッシュ状の第2金属膜を形成する段階と、

前記第1スペーサ上に第2スペーサを形成する段階と、

前記第2スペーサ上に透明電極及び蛍光体の付着された上部基板を付着させる段階と、

を含むことを特徴とする電界放出表示素子の製造方法。

【請求項6】 前記下部基板はガラス、石英、シリコンまたはアルミナ基板であることを特徴とする電界放出表示素子の製造方法。

【請求項7】 前記第1金属膜はクロム膜、タングステン膜またはアルミニウム膜であり、第2金属膜はクロム膜またはパラジウム膜であることを特徴とする請求項5に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【請求項8】 前記炭素ナノチューブを垂直配向させて成長させる段階は、

前記第1金属膜上に触媒金属膜を形成する段階と、

前記触媒金属膜の表面をエッチングして分離されたナノ寸法の触媒金属粒子を形成する段階と、

炭素ソースガスを用いた化学気相蒸着法により前記分離

された触媒金属粒子毎にエミッタチップ用炭素ナノチューブを垂直方向に成長させる段階とを含むことを特徴とする請求項5に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【請求項9】 前記触媒金属粒子の形成及び炭素ナノチューブの成長時、熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法を用いることを特徴とする請求項8に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【請求項10】 前記炭素ソースガスとして、アセチレン、エチレン、プロピレン、プロパンまたはメタンガスを用いることを特徴とする請求項8に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【請求項11】 前記触媒金属膜の表面エッチング時に、アンモニアガス、水素ガスもしくは水素化合物ガス、またはフッ化水素溶液を用いることを特徴とする請求項8に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【請求項12】 前記触媒金属膜はコバルト、ニッケル、鉄、イットリウムまたはこれらの合金から形成されることを特徴とする請求項8に記載の電界放出表示素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電界放出表示素子及びその製造方法に係り、より詳細には垂直配向された炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に、電界放出表示素子は、円錐形のエミッタチップに対して外部ゲート電極から約数百ボルトの正電圧を加えると、強い電気場に影響されたエミッタチップの先端部から電子が放出され、この放出された電子は数百から数千ボルトの電圧が加えられ、かつ蛍光体がコーティングされたアノード電極に衝突して表示装置の役目を行なう。ところが、エミッタ用としてシリコン基板をエッチングして作ったシリコンチップを用いる従来の電界放出表示素子は、約1.0～1.5μmの細かい間隔でアノード電極とカソード電極とを分離しなければならないという困難さがある。また、従来の電界放出表示素子は、動作電圧が極めて高く、高電流の放出によるシリコンチップの劣化によって漏れ電流が多く、素子信頼性及び性能の低下が起こるだけでなく、製造収率も低い問題点がある。このようなシリコンチップを用いた電界放出表示素子の問題点を改善するために、炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子が提案されている。

【0003】従来の炭素ナノチューブは、電気放電法やレーザー蒸着法により合成した後、洗浄溶液に入れて超音波洗浄器により振って精製を行っていた。そして、精製された炭素ナノチューブを電界放出表示素子に適用するために、多孔性セラミックフィルターの気孔に精製された炭素ナノチューブを注入する。次に、多孔性セラ

ミックフィルターの気孔に入っている炭素ナノチューブを電界放出表示素子用下部基板上の伝導性高分子上に差し立てることによりエミッタチップを形成する。

【0004】ところが、エミッタチップ用として従来の炭素ナノチューブを用いる電界放出表示素子は、シリコンチップを用いる電界放出表示素子に比べて安定性に優れているものの、前記伝導性高分子上に炭素ナノチューブを効率良く差し立て難く製造工程が複雑なために製造収率が低く、しかも大面積で製造できないという問題点がある。また、基板上の伝導性高分子と炭素ナノチューブとの間に電氣的に完全な接続がなされないという問題点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みて成されたものであり、その目的は、大面積の製造が可能であり、かつ単位面積当たりエミッタチップ密度の高い炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子を提供することにある。本発明の他の目的は、簡単な製造工程により大面積の製造が可能な電界放出表示素子の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の電界放出表示素子は、下部基板上にカソード電極用第1金属膜が形成されており、前記第1金属膜上に垂直配向されたエミッタチップ用炭素ナノチューブが形成されている。前記炭素ナノチューブの垂直配向は、前記第1金属膜上に触媒金属粒子を形成した後に化学気相蒸着法により触媒金属粒子上に垂直成長させることでなされる。前記第1金属膜上には第1スペーサが設けられており、前記第1スペーサに支持され、前記炭素ナノチューブの上部に形成されてゲート電極として用いられるメッシュ状の第2金属膜が形成されている。前記第1スペーサ上には第2スペーサが設けられており、前記第2スペーサ上にはその表面に透明電極及び蛍光体が付着された上部基板が付着されている。

【0007】前記他の目的を達成するために、本発明の電界放出表示素子の製造方法は、下部基板上にカソード電極用第1金属膜を形成した後に、前記第1金属膜上に炭素ナノチューブを垂直配向させて成長させる段階を含む。前記垂直配向されて成長された炭素ナノチューブは、前記第1金属膜上に触媒金属膜を形成した後に、前記触媒金属膜の表面をエッチングして分離されたナノ寸法の触媒金属粒子を形成し、炭素ソースガスを用いた化学気相蒸着法により前記分離された触媒金属粒子毎にエミッタチップ用炭素ナノチューブを垂直方向に成長させることで得られる。前記触媒金属粒子の形成及び炭素ナノチューブの成長時に熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法を用いることができる。前記炭素ソースガスとしては、アセチレン、エチレン、プロピレン、プロパンまたはメタンガスを用いることができる。前記触

媒金属膜の表面エッチング時にアンモニアガス、水素ガス、または水素化物を用いるか、あるいはフッ化水素溶液を用いることができる。前記触媒金属膜はコバルト、ニッケル、鉄、イットリウムまたはこれらの合金から形成できる。

【0008】続いて、前記第1金属膜上に第1スペーサを設けた後、前記第1スペーサに支持され、前記炭素ナノチューブの上部に形成されてゲート電極として用いられるメッシュ状の第2金属膜を形成する。前記第1スペーサ上に第2スペーサを形成した後、前記第2スペーサ上に透明電極及び蛍光体の付着された上部基板を付着させて電界放出表示素子を完成する。

【0009】本発明による垂直配向された炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子は構造が簡単なので製造収率を高めることができ、大面積の製造が可能である。また、エミッタチップとして垂直配向された炭素ナノチューブを用いるため、低い動作電圧下でも大きい放出電流を得ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面に基づき、本発明の実施例について詳細に説明する。しかし、後述する本発明の実施例は各種の形態に変形でき、本発明の範囲が後述する実施例に限定されることはない。本発明の実施例は当業界における通常の知識を有した者に本発明をより完全に説明するために提供されるものである。図中、膜または領域の大きさまたは厚さは明細書の明確性のために誇張されている。また、ある膜が他の膜または基板の“上”にあると記載されている場合、前記ある膜が前記他の膜の上に直接的に存在することもできれば、その間に第3の膜が介在されることもできる。

【0011】図1は、本発明の一実施例による垂直配向された炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子を示す断面図である。本実施例の電界放出表示素子は、下部基板30上にカソード電極用第1金属膜32が形成されている。前記下部基板30はガラス、石英、シリコンまたはアルミナ(Al_2O_3)基板である。そして、前記第1金属膜32はクロム膜、チタニウム膜、タングステン膜、アルミニウム膜である。前記第1金属膜32上には垂直方向に成長された炭素ナノチューブ34が形成されている。前記炭素ナノチューブ34はエミッタチップとして用いられる。このように垂直配向された炭素ナノチューブ34は低い動作電圧、例えば3V/ μm 以下で大きい放出電流を得ることができる。そして、前記垂直配向された炭素ナノチューブ34は単位面積当たり高いチップ密度を有しているため、発光効率を高めることができる。

【0012】前記第1金属膜32上には第1スペーサ36が形成されている。前記第1スペーサ36上にはメッシュ状に第2金属膜38が形成されている。前記第2金属膜38はゲート電極として用いられる。前記第1スペー

ーサ36上には第2スペーサ40が形成されており、第2スペーサ40上にはその表面に透明電極52及び蛍光体54が付着された上部基板50が設けられている。

【0013】このように構成された電界放出表示素子は、カソード電極用第1金属膜32とアノード用透明電極52との間に電界が印加されて前記垂直配向された炭素ナノチューブ34から電子が放出され、この放出された電子が蛍光体54に衝突することによって赤色、緑色、青色の光を放出する。このとき、前記カソード電極用第1金属膜32とゲート電極用第2金属膜38との間に印加される電界によって前記蛍光体54に電子が容易に衝突して光を放出する。結果的に、本発明の電界放出表示素子は3つの電極を具備した3電極型電界放出表示素子である。

【0014】図2から図4は、図1の電界放出表示素子の製造方法を説明するために示す断面図である。図2を参照すれば、大面積の下部基板30上にカソード電極用第1金属膜32を0.2~0.5 μ mの厚さで形成する。前記下部基板30はガラス、石英、シリコンまたはアルミナ(Al_2O_3)基板である。前記第1金属膜32はクロム膜、チタニウム膜、タングステン膜、アルミニウム膜から形成される。

【0015】図3を参照すれば、前記第1金属膜32上に炭素ナノチューブ34を垂直配向させて成長させる。前記炭素ナノチューブ34を垂直配向させて成長させる方法は、前記第1金属膜32上に触媒金属膜(図示せず)を形成した後、前記触媒金属膜の表面をドライエッチングまたはウェットエッチングして分離されたナノ寸法の触媒金属粒子(図示せず)を形成し、次に、触媒金属粒子上に熱化学気相蒸着法またはプラズマ化学気相蒸着法により炭素ナノチューブ34を垂直方向に複数個成長させる。必要ならば、前記第1金属膜32及び触媒金属膜を微細な線パターンでパターニングした後、パターニングされた触媒金属膜の表面をエッチングして炭素ナノチューブを成長させることもできる。前記炭素ナノチューブ34はエミッタチップとして用いられ、前記炭素ナノチューブ34はピクセル当たり多数個のエミッタチップを形成でき、低い動作電圧下で大きい放出電流を得ることができる。前記触媒金属粒子の形成及び炭素ナノチューブ34の垂直成長方法については後述する。

【0016】図4を参照すれば、前記第1金属膜32上に第1スペーサ36を100~700 μ mの厚さで形成する。続いて、前記第1スペーサ36上にゲート電極用としてメッシュ状の第2金属膜38を形成する。すなわち、前記第2金属膜38は前記第1スペーサ36により支持され、炭素ナノチューブ34の上部にメッシュ状に形成される。前記第2金属膜38はクロム膜、チタニウム膜、またはパラジウム膜である。

【0017】続いて、図1を参照すれば、前記第1スペーサ36上に第2スペーサ40を100~700 μ mの

厚さで形成する。次に、予め設けられた上部基板50にアノード用透明電極52を形成させた後、前記透明電極52上に発光を起こす蛍光体54を付着させる。前記上部基板50としてはガラス基板を用い、前記透明電極としてはITO電極を用いる。前記蛍光体54は赤色、緑色、青色の発光を起こす3種類の蛍光物質から構成される。次に、前記透明電極52及び蛍光体54の付着された上部基板50をひっくり返して前記第2スペーサ40上に載置した後に、真空密封させて実装させることにより電界放出表示素子を完成する。

【0018】以下、図5から図7を参照して、前記垂直方向に炭素ナノチューブを成長させる方法について詳細に説明する。図5は、図3の炭素ナノチューブの成長方法を説明するための図であり、図6は、図3の炭素ナノチューブの成長に使用された熱化学気相蒸着装置の一例に対する概略図であり、図7は、本発明によって分離された触媒金属粒子上で炭素ナノチューブが成長されるメカニズムを示す図である。図5では、便宜上、拡大図を提示する。

【0019】図3の垂直方向に成長された炭素ナノチューブ34は、図5に示されたように、(A)から(C)の3段階で形成される。まず、図5(A)に示されたように、第1金属膜32上に触媒金属膜33を形成する。前記触媒金属膜33はコバルト、ニッケル、鉄、イットリウムまたはこれらの合金(コバルト-ニッケル、コバルト-鉄、コバルト-イットリウム、ニッケル-鉄、コバルト-ニッケル-鉄またはコバルト-ニッケル-イットリウム)を使って形成される。前記触媒金属膜33は熱蒸着法またはスパッタリング法を用いて基板上に数nmから数百nmの厚さで、好ましくは20nmから200nmの厚さで形成する。

【0020】次に、図5(B)に示されたように、前記触媒金属膜33の表面をエッチングして分離されたナノ寸法の触媒金属粒子33aを形成する。具体的に、第1金属膜32及び触媒金属膜33が形成されている基板30を熱化学気相蒸着装置のポート310に所定距離離隔されるように並設した後、ポート310を熱化学気相蒸着装置の反応炉300内に搬入する。ポート310の搬入に際しては、基板30上に形成されている触媒金属膜33の表面をエッチングガスの注入方向315と反対方向にならしめて、かつ下向きにして行なう。ポート310の搬入後、反応炉300内の圧力を約数百mTorr~数Torrにならしめた後、反応炉300の外側壁に設けられた抵抗コイル330を使って反応炉300内の温度を700℃から1000℃に上昇させる。反応炉300内の温度が工程温度に達すると第1弁410を開け、エッチングガス供給源400からエッチングガスをガス供給管320を通じて反応炉300内に供給する。エッチングガスとしてはアンモニアガス、水素ガス、または水素化物ガスを用いることができる。中でも、アン

モニアガスがエッチングガスとして好ましい。アンモニアガスを用いる場合には、80から400 s c c m (Standard Cubic Centimeters per Minute) の流量にて10から30分間供給する。

【0021】反応炉300内に供給されたエッチングガスは、粒界に沿って触媒金属膜33をエッチングし、表面に互いに独立的に分離されたナノ寸法の触媒金属粒子33aを均一かつ高密度で形成する。本明細書内において、ナノ寸法は数nmから数百nmの寸法を指す。エッチング条件によって分離されたナノ寸法の触媒金属粒子33aの寸法及び形が異なってくる。触媒金属粒子33aの形に後続工程で形成される炭素ナノチューブ34の形も影響される。本実施例においては、触媒金属粒子33aの寸法を200nm以下に形成する。

【0022】次に、炭素ソースガスを熱化学気相蒸着装置内に供給して、図5(C)に示されたように、炭素ナノチューブ34を成長させる。前記炭素ナノチューブ34の成長段階及びナノ寸法の触媒金属粒子33aの形成段階は、インーサイチュで実施できる。具体的に、図6の第1弁410は閉め、かつ第2弁460を開けてアンモニアガスの供給は遮断し、炭素ソースガス供給源450からガス供給管320を通じて炭素ソースガスを反応炉300内に供給する。反応炉300内の温度は、分離されたナノ寸法の触媒金属粒子の形成時の温度と同一の温度範囲である700から1000℃に保つ。炭素ソースガスは20から200 s c c m (Standard Cubic Centimeters per Minute) の流量で10から60分間供給する。前記炭素ソースガスは炭素原子を提供できるものであって、低温で分解可能なものなら使用可能である。前記炭素ソースガスとしては、好ましくは、 $C_1 \sim C_{20}$ の炭化水素ガスを用いる。好ましくは、アセチレン、エチレン、プロピレン、プロパンまたはメタンガスなどが利用できる。

【0023】炭素ナノチューブの成長速度及び時間を調節するためには、第3弁490を開け、キャリアまたは希釈ガス供給源480からキャリアガス（水素またはアルゴン等の非活性ガス）及び／または希釈ガス（水素化合物ガス）等を炭素ソースガスと共に供給できる。また、炭素ソースガスと共に適宜な割合でエッチングガス、例えば、アンモニアガス、水素ガスまたは水素化合物ガスを同時に供給して炭素ナノチューブの密度及び成長形態を調節することもできる。炭素ソースガス及びエッチングガスの体積比は、2:1ないし3:1であることが好ましい。

【0024】図7に示されたように、熱化学気相蒸着装置の反応炉300内に供給された炭素ソースガス、例えば、アセチレンガス(C_2H_2)が気相で熱分解されて炭素ユニット($C=C$ または C)と自由水素(H_2)を形成すれば、炭素ユニットが触媒金属粒子33aの表面に吸着された後に内部に拡散されていき、溶解される。統

いて、触媒金属粒子33aの内部に炭素ユニットが拡散されていって蓄積されると、炭素ナノチューブ34が成長し始まる。持続的に炭素ユニットが供給されると、触媒金属粒子33aの触媒作用によって炭素ナノチューブ34が竹状に成長される。触媒金属粒子33aの形が丸いか、あるいは鈍い場合には炭素ナノチューブ34の先端部も円形または鈍い形に形成される。その一方、図に図示されていないが、ナノ寸法の触媒金属粒子33aの先端部が尖っている場合には、炭素ナノチューブの先端部も尖るように形成される。

【0025】本実施例は炭素ナノチューブ34の成長に適した触媒金属粒子33aが周辺の他の粒子と塊りにならず、分離されて独立的に形成されるため炭素ナノチューブ34の形成時に非晶質状態の炭素塊りが形成されない。従って、高純度の炭素ナノチューブ34を形成でき、炭素ナノチューブ34を基板に対して垂直に成長できる。その上、エッチングガス、すなわち、アンモニアガスによるエッチング条件、例えばガス流量、エッチング温度及びエッチング時間を変えて触媒金属粒子の寸法を調節できるため、炭素ナノチューブ34の直径を容易に調節できる。そして、炭素ソースガスの供給条件、例えばガス流量、反応温度及び反応時間を変えて炭素ナノチューブ34の長さも容易に調節できる。

【0026】この実施例では、分離されたナノ寸法の触媒金属粒子33aを図6の熱化学気相蒸着装置を用いたドライエッチング法によりエッチングして形成したが、ウェットエッチング法により形成しても良い。すなわち、触媒金属膜33の形成された基板30をウェットエッチング液、例えばフッ化水素(HF)溶液に浸漬して分離されたナノ寸法の触媒金属粒子33aを形成する。ウェットエッチング法を用いる場合にも低温で実施できるという長所がある。

【0027】そして、この実施例では、前記触媒金属粒子33aの形成及び炭素ナノチューブ34の成長時に水平型熱化学気相蒸着装置を例に取って説明したが、垂直型、インーライン型またはコンベヤ型熱化学気相蒸着装置も使用できるのはもちろんである。また、前記触媒金属粒子及び炭素ナノチューブの成長時に水平型熱化学気相蒸着装置を例に取って説明したが、プラズマ化学気相蒸着装置も使用できる。プラズマ化学気相蒸着装置を用いる場合、低温で実施でき、かつ反応調節が容易であるという長所がある。

【0028】

【発明の効果】以上述べたように、本発明による垂直配向された炭素ナノチューブを用いた電界放出表示素子は3電極型電界放出表示素子であって、構造が簡単なので製造収率を高めることができ、かつ大面積の製造が可能である。

【0029】また、本発明による電界放出表示素子はエミッタ用チップとして垂直方向によく配向された炭素ナ

ノチューブを用いるので、低い動作電圧、例えば $3\text{ V}/\mu\text{m}$ 以下でも大きい放出電流を得ることができるほか、単位面積当たり高いチップ密度を有している、ので発光効率に優れており、信頼性が高い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例による電界放出表示素子を示す断面図である。

【図 2】図 1 の電界放出表示素子の製造方法を示す断面図である。

【図 3】図 1 の電界放出表示素子の製造方法を示す断面図である。

【図 4】図 1 の電界放出表示素子の製造方法を示す断面図である。

【図 5】図 3 の炭素ナノチューブ成長方法を説明するための図であって、(A)、(B)、(C) の順に成長す

る様子を示す模式図である。

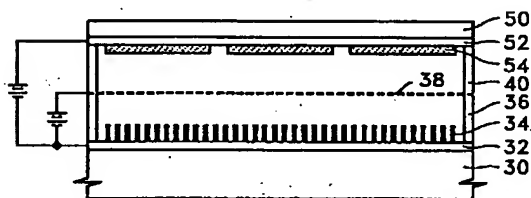
【図 6】図 3 の炭素ナノチューブの成長に使用された熱化学気相蒸着装置の一例を示す概略図である。

【図 7】本発明の一実施例によって分離された触媒金属粒子上で炭素ナノチューブが成長するメカニズムを示す模式図である。

【符号の説明】

- 30 下部基板
- 32 第 1 金属膜
- 34 炭素ナノチューブ
- 36 第 1 スペース
- 38 第 2 金属膜
- 40 第 2 スペース
- 50 上部基板

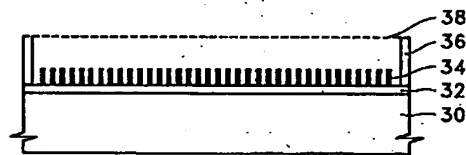
【図 1】



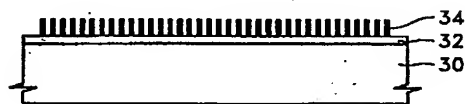
【図 2】



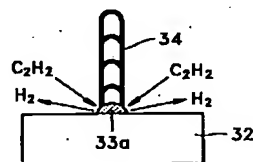
【図 4】



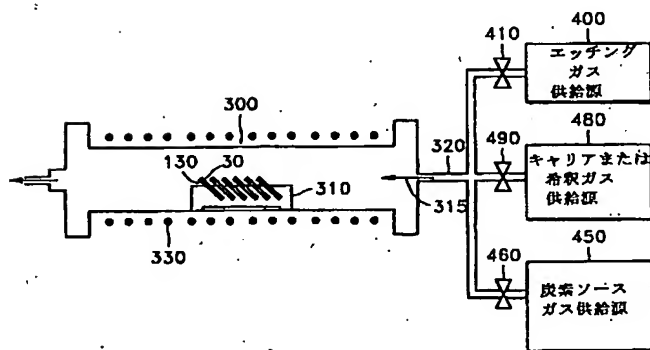
【図 3】



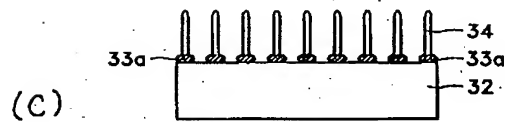
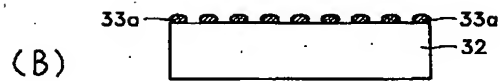
【図 7】



【図 6】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 柳 在銀
 大韓民国ソウル特別市城北区貞陵1洞1015
 番地慶南アパート106棟1001号